

**SIMULASI DIGITALISASI SUARA MENGGUNAKAN
TEKNIK PAM, PCM DAN DPCM PADA SISTEM KOMUNIKASI
DIGITAL**

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada Jurusan Teknik Elektro

oleh :

HAYATUL FIKRI
103 550 23 156



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU
PEKANBARU
2010**

SIMULASI DAN ANALISIS DIGITALISASI SUARA MENGUNAKAN TEKNIK PAM, PCM DAN DPCM PADA SISTEM KOMUNIKASI DIGITAL

HAYATUL FIKRI
103 550 23 156

Jurusan Teknik Elektro
Fakultas sains dan Teknologi
Universitas Islam Sultan Syarif Kasim Riau
Jl. Soebrantas No. 155 Pekanbaru

ABSTRACT

Perkembangan teknologi dalam bidang telekomunikasi mengalami migrasi menuju era digitalisasi. Ini terlihat setiap teknologi yang digunakan sudah beralih fungsi menjadi digital dan hanya sebagian yang masih menggunakan sistem analog. Proses perubahan dari sistem analog menuju sistem digital dengan proses modulasi sehingga data yang berupa analog dikonversikan menjadi digital, proses ini disebut *source coding* atau digitalisasi yang dilakukan di *source encoder*, dimana informasi dari sumber dikonversikan menjadi deretan digit biner yang efisien dengan jumlah digit biner yang digunakan dibuat se-sedikit mungkin, namun kualitas sinyal informasi tersebut masih sesuai standar. Proses digitalisasi dikenal dengan teknik PAM, PCM dan DPCM. Dari ketiga teknik digitalisasi terdapat perbedaan sesuai dengan kebutuhan perubahan dari analog menjadi digital. Dari hasil simulator terlihat proses perbaikan masing-masing teknik digitalisasi menuju lebih baik yang dimulai dari PAM, PCM dan DPCM sehingga data yang dihasilkan dari pengirim sama yang diterima oleh penerima.

Kata Kunci : *DPCM Digitalisasi, PAM, dan PCM.*

**SIMULATION AND ANALYSIS TECHNIQUE
USING SOUND digitizing PAM, PCM and DPCM
IN DIGITAL COMMUNICATION SYSTEM**

HAYATUL FIKRI
103 550 23 156

Department of Electrical Engineering
Faculty of Science and Technology,
Islamic University of Sultan Sharif Kasim Riau
Jl. Soebrantas No 155 Pekanbaru

ABSTRACT

The development of telecommunication technology in the experience of migration to the era of digitalization. This is seen every technology used has been converted to digital and the only part that still use analog systems. The process of changing from analog systems to digital systems with modulation process so that the analog data converted into digital form, this process is called source coding or digitizing done at the source encoder, where information from the source is converted into an efficient sequence of binary digits with the number of binary digits that are used are made as little as possible, but the signal quality information is still up to standard. Digitalisiasi engineering process known as PAM, PCM and DPCM. From the third digital techniques no difference according to the needs of the change from analog to digital. From the results of the simulator looks the repair process of digitizing each technique to a better start than PAM, PCM and DPCM so that data generated from the same sender is received by the recipient.

keywords : *dpcm digitizing, pam and pcm.*

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN COVER	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL	iv
LEMBAR PERNYATAAN	v
LEMBAR PERSEMBAHAN	vi
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi

BAB I PENDAHULUAN

1.1	Latar Belakang	I-1
1.2	Rumusan Masalah	I-2
1.3	Batasan Masalah.....	I-2
1.4	Tujuan Penulisan.....	I-2
1.5	Metodologi Penelitian	I-3
1.6	Sistematika Penulisan.....	I-3

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1	Sistim komunikasi digital.....	II-1
2.2	<i>Source codec</i>	II-2
2.3	Teknik digitalisasi suara.....	II-2
2.3.1	<i>Pulse amplitude modulation (PAM)</i>	II-3
2.3.2	<i>Pulse code modulation (PCM)</i>	II-4
2.3.2.1	Sampling atau pencuplikan	II-5
2.3.2.2	Kuantizer.....	II-6
2.3.2.3	<i>Symbol to bit mapper dan bit to symbol mapper</i>	II-6
2.3.2	<i>Differential pulse code modulation (DPCM)</i>	II-6
2.4	<i>Low pass filter (LPF)</i>	II-8
2.5	Program matlab.....	II-9

BAB III

PERANCANGAN SISTEM

3.1	Deskripsi sistem	III-1
3.1.1	Deskripsi <i>pulse amplitude modulation</i>	III-1
3.1.2	Deskripsi <i>pulse code modulation</i>	III-1
3.1.3	Deskripsi <i>Differential pulse amplitude modulation</i>	III-2
3.2	Perancangan diagram alir (<i>flowchart</i>).....	III-2
3.2.1	<i>Flowchart</i> main program	III-2
3.2.2	<i>Flowchart</i> PAM.....	III-3
3.2.3	<i>Flowchart</i> PCM.....	III-4
3.2.4	<i>Flowchart</i> DPCM	III-4
3.3	Perancangan tampilan sistem (antar muka).....	III-5

BAB IV

HASIL DAN ANALISIS

4.1	Analisa sistem	IV-1
4.2	Analisa perangkat lunak	IV-1
4.2.1	Spesifikasi sistem	IV-2
4.2.1.1	Kebutuhan perangkat lunak.....	IV-2
4.2.1.2	Tujuan pengembangan perangkat lunak.....	IV-2
4.2.1.3	Arsitektur perangkat lunak	IV-3
4.2.1.4	Kebutuhan antar muka.....	IV-3
4.2.1.5	Kebutuhan fungsional.....	IV-3
4.3	Analisis perangkat lunak	IV-4
4.3.1	Subsistem pengolahan data.....	IV-4
4.3.2	Subsistem pengolahan dialog	IV-4
4.3.3	Analisis hasil pengujian.....	IV-4
4.4.1	Hasil pengujian PAM	IV-5
4.4.2	Hasil pengujian PCM	IV-7
4.4.3	Hasil pengujian DPCM.....	IV-11
4.5	Analisis penerapan sistem	IV-15
4.5.1	Penerapan teknik PAM	IV-15
4.5.2	Penerapan teknik PCM	IV-15
4.5.3	Penerapan teknik DPCM	IV-16

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan V-1

5.2 Saran V-1

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dewasa ini dunia telekomunikasi mulai migrasi dari sistem telekomunikasi analog ke sistem telekomunikasi digital. Informasi yang dikeluarkan oleh sumber, umumnya bersifat analog, kemudian dikonversikan menjadi suatu bentuk lain yang lebih efisien. Proses ini disebut *source coding* atau digitalisasi yang dilakukan di *source encoder*, dimana informasi dari sumber dikonversikan menjadi deretan digit biner yang efisien dengan jumlah digit biner yang digunakan dibuat se-sedikit mungkin, namun kualitas sinyal informasi tersebut masih sesuai standar. Bentuk yang paling umum dari informasi yang dikirimkan melalui suatu sistem telekomunikasi adalah suara, dan untuk mentransmisikan suara melalui sistem telekomunikasi digital diperlukan suatu digitalisasi suara, agar suara yang ditransmisikan sesuai dengan karakteristik sistem yang bersifat digital (Pratama, 2009).

Pada sistem telekomunikasi digital, digitalisasi suara dilakukan pada *source encoder*. Penelitian tentang digitalisasi suara menghasilkan berbagai macam metoda atau teknik digitalisasi suara, yaitu diantaranya : *Pulse Amplitude Modulation* (PAM), *Pulse Code Modulation* (PCM) dan *Differential Pulse Code Modulation* (DPCM).

Untuk mempermudah memahami, menganalisa dan mengevaluasi unjuk kerja dari berbagai metoda digitalisasi suara, maka dirancang dan diimplementasikan metoda-metoda tersebut ke dalam sebuah perangkat lunak yang dapat mensimulasikan unjuk kerja dari masing-masing metoda digitalisasi suara. Perangkat lunak yang dirancang menggunakan bahasa program matlab, dibangun dengan disain antar muka pengguna yang dapat menggambarkan bagaimana unjuk kerja dari masing-masing metoda. Masukan dari perangkat lunak berupa data suara sedangkan keluaran berupa suara. Oleh karena itu, dalam

Tugas Akhir ini penulis mengambil judul “*Simulasi Digitalisasi Suara Menggunakan Teknik PAM, PCM dan DPCM Pada Sistem Komunikasi Digital*”.

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana cara merancang dan membuat suatu simulator yang dapat mensimulasikan teknik-teknik digitalisasi suara seperti PAM, PCM dan DPCM, pada sistem komunikasi.

1.3 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini pembahasan dibatasi pada hal-hal sebagai berikut :

- a. Rancangan permodelan dan proses simulasi menggunakan program Matlab 7.
- b. Pembahasan meliputi teknik digitalisasi PAM, PCM dan DPCM dengan *input* dan *output* berupa suara dan gelombang sinusoida serta grafik bentuk sinyal.
- c. Tugas akhir difokuskan pada *source coder* dan *source decoder*, diluar itu tidak dibahas secara merinci dalam tugas akhir ini.

1.4 Tujuan

Ada beberapa tujuan penulis dalam melaksanakan penelitian ini, yaitu :

- a. Mempelajari serta memahami berbagai teknik digitalisasi suara pada sistem komunikasi khususnya teknik PAM, PCM dan DPCM.
- b. Mendisain program simulasi teknik-teknik digitalisasi suara khususnya PAM, PCM, dan DPCM dengan *input* serta *output* berupa suara menggunakan bantuan simulasi komputer (MATLAB).
- c. Membangun suatu simulator yang *user interface* untuk memudahkan mahasiswa mempelajari teknik-teknik digitalisasi suara khususnya PAM, PCM dan DPCM serta dapat melakukan penelitian lebih lanjut.

1.5 Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu :

a. Studi literatur

Metode ini digunakan untuk mengumpulkan informasi-informasi dan pengetahuan sebagai referensi dalam melakukan penelitian.

b. Pemodelan dan Simulasi

- i. Analisa kebutuhan data yaitu : melakukan analisa terhadap kebutuhan perangkat lunak, sehingga diperoleh gambaran umum perangkat lunak yang akan dibangun.
- ii. Perancangan yaitu : melakukan perancangan arsitektur, fungsional dan antar muka perangkat lunak sebuah simulasi digitalisasi suara menggunakan teknik PAM, PCM dan DPCM, pada sistem komunikasi digital.
- iii. Implementasi dan pengujian yaitu : membangun sebuah perangkat lunak yang dapat mensimulasikan unjuk kerja digitalisasi suara menggunakan teknik PAM, PCM dan DPCM, pada sistem komunikasi digital berdasarkan analisa dan perancangan serta menguji keberhasilan sistem yang telah dibangun. Perangkat lunak ini dibuat dengan bantuan bahasa program Matlab 7.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini terdiri dari lima bab yaitu :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan secara umum dan singkat mengenai latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, metodologi, dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini berisi mengenai teori pendukung dari teknik-teknik digitalisasi suara pada sistem komunikasi digital yang akan dibuat simulasinya yakni

PAM, PCM dan DPCM.

BAB III PERANCANGAN PROGRAM

Bab ini berisi pembahasan mengenai perancangan simulasi digitalisasi suara menggunakan teknik PAM, PCM dan DPCM pada sistem komunikasi digital.

BAB IV HASIL DAN ANALISIS

Bab ini berisi hasil implementasi dari perancangan perangkat lunak dan pengujian dari hasil implementasi perangkat lunak yang akan analisa.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan yang diperoleh dari pengujian perangkat lunak simulasi dan saran-saran yang berguna bagi pengembangan dari perangkat lunak ini.

BAB II

LANDASAN TEORI

Bab ini membahas tentang cara kerja dari beberapa teknik digitalisasi suara pada sistem komunikasi digital. Informasi pengguna atau *user* yang dikirimkan melalui suatu sistem komunikasi digital, akan melalui beberapa proses sebelum akhirnya informasi tersebut sampai pada tujuan. Teknik-teknik digitalisasi suara tersebut adalah *Pulse Amplitude Modulation* (PAM), *Pulse Code Modulation* (PCM) dan *Differential Pulse Code Modulation* (DPCM).

2.1 Sistem Komunikasi Digital

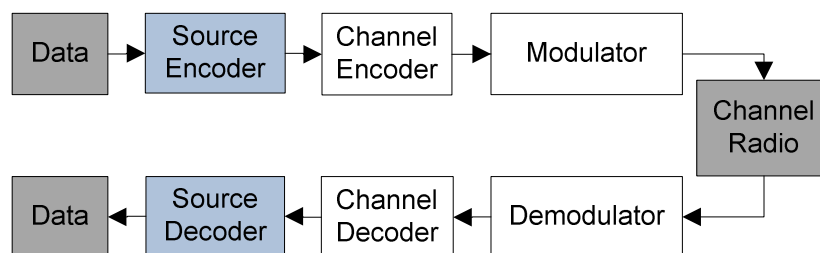
Suatu sistem komunikasi merupakan suatu proses transmisi data dari satu sisi ke sisi yang lain. Secara umum suatu sistem komunikasi digital ditunjukkan oleh diagram blok pada Gambar 2.1. Informasi dari pengguna, umumnya dikonversikan menjadi suatu bentuk lain yang lebih efisien. Proses ini disebut *source coding*, dimana informasi dari pengguna akan dikonversikan menjadi deretan digit biner yang efisien, untuk itu jumlah digit biner yang digunakan dibuat se-sedikit mungkin, namun kualitas sinyal informasi tersebut masih sesuai standar. Pada penerima, proses *source decoding* berfungsi mengkonversi deretan digit biner kembali ke bentuk sinyal informasi semula.

Saat informasi ditransmisikan melalui kanal radio maka sinyal tersebut akan mengalami gangguan yang menyebabkan *error* pada saat sampai di penerima. Untuk memperkecil *error* tersebut diperlukan *channel encoder* dan *channel decoder*. *Channel encoder* menambahkan bit-bit tambahan pada sinyal informasi sehingga saat sinyal sampai di penerima, *channel decoder* dapat mendeteksi *error* dan mengoreksinya melalui bit-bit yg ditambahkan oleh *channel encoder* tersebut, sehingga *error* pada penerima dapat diperkecil.

Kanal radio yang digunakan pada dasarnya adalah kanal analog (kanal gelombang kontinyu). Kanal ini tidak bisa secara langsung mentransmisikan deretan digit biner dari *channel encoder*. Untuk itu diperlukan perangkat untuk

mengkonversikan informasi digital menjadi informasi dalam bentuk gelombang yang sesuai dengan karakteristik kanal yang dipergunakan. Oleh karena itu diperlukan modulator digital untuk menumpangkan sinyal informasi digital ke dalam sinyal pembawa yang merupakan sinyal analog dan siap untuk ditransmisikan ke kanal radio.

Penerima *Demodulator* berfungsi mengubah sinyal termodulasi yang diterima menjadi sinyal informasi digital.



Gambar 2.1 Sistem komunikasi digital (sumber : www.ece.virginia.edu, 2009)

2.2 *Source Codec*

Informasi yang dikeluarkan oleh sumber bersifat analog sebagai salah satu contohnya adalah suara manusia, dalam sistem komunikasi digital, sinyal analog dari sumber dikonversikan menjadi sinyal digital yakni deretan bit-bit biner. Proses ini disebut dengan *source coding* dan bagian yang melakukan proses *source coding* disebut *source encoder*, sedangkan bagian dari penerima yang membatalkan efek dari *source coding* dan melakukan rekonstruksi sinyal informasi disebut *source decoder* dan proses ini disebut *source decoding*.

Perangkat yang digunakan untuk mengubah data analog menjadi bentuk digital untuk transmisi dan kemudian direkonstruksi untuk mendapatkan kembali data analog dari data digital juga disebut *codec* (*coder - decoder*).

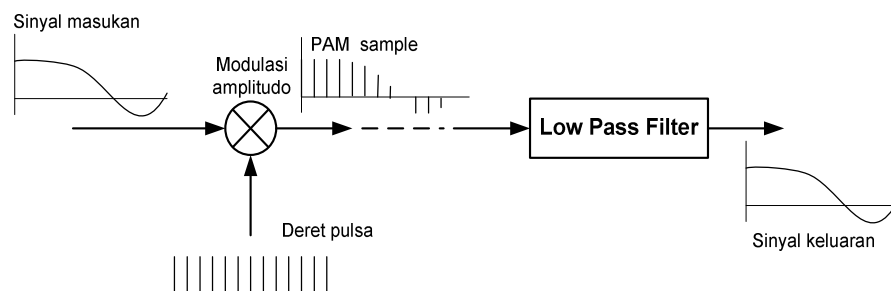
2.3 Teknik Digitalisasi Suara

Ada berbagai macam teknik-teknik yang mengkonversikan sinyal suara analog menjadi sinyal digital begitu juga sebaliknya, proses digitalisasi ini terjadi pada perangkat *source codec*. beberapa macam teknik digitalisasi suara tersebut

diantaranya adalah *Pulse Amplitude Modulation* (PAM), *Pulse Code Modulation* (PCM) dan *Differential Pulse Code Modulation* (DPCM).

2.3.1 *Pulse Amplitude Modulation* (PAM)

Langkah pertama digitalisasi satu bentuk gelombang yang analog adalah untuk menetapkan satu set waktu diskrit, dimana bentuk gelombang sinyal masukan dicuplik. Teknik-teknik digitalisasi lazim didasarkan pada pemakaian berkala, dengan jarak waktu pencuplikan yang tetap. Jika pencuplikan terjadi sering kali bentuk gelombang asli dapat dengan sepenuhnya direkonstruksi dari urutan cuplik menggunakan suatu *low pass filter* untuk menyisipkan, atau memilih dan melewati frekuensi rendah antara nilai-nilai cuplik. Dasar konsep ini digambarkan dalam Gambar 2.2. Suatu bentuk gelombang analog dicuplik pada suatu frekuensi cuplik atau frekuensi *sampling* yang tetap $f_s = 1/T$ dan merekonstruksinya dengan menggunakan suatu *low pass filter*. Melihat bahwa proses pencuplikan adalah setara dengan modulasi amplitudo suatu deretan pulsa amplitudo yang tetap. Oleh karena itu teknik yang ditunjukkan di dalam Gambar 2.2 dikenal sebagai suatu *pulse amplitude modulation* (PAM).



Gambar 2.2 *Pulse Amplitudo Modulation* (Bellamy, 2000)

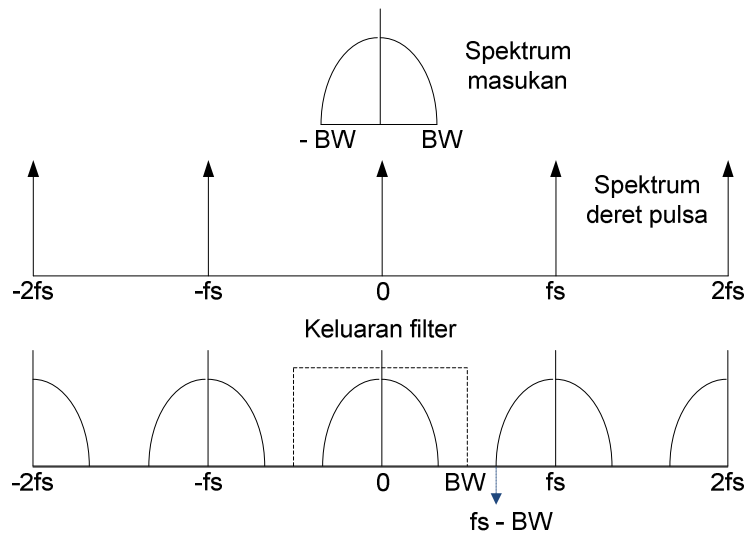
Sistem pencuplikan dibentuk pada tahun 1933 oleh Harry Nyquist ketika ia memperoleh frekuensi *sampling* minimum yang diperlukan untuk mengekstrak semua informasi dalam suatu sinyal kontinu atau sinyal analog (Bellamy, 2000). Kriteria *nyquist* digambarkan oleh persamaan berikut.

$$f_s > (2)(BW)$$

Dimana f_s adalah frekuensi sampling dan BW adalah *bandwidth* dari *input*

sinyal.

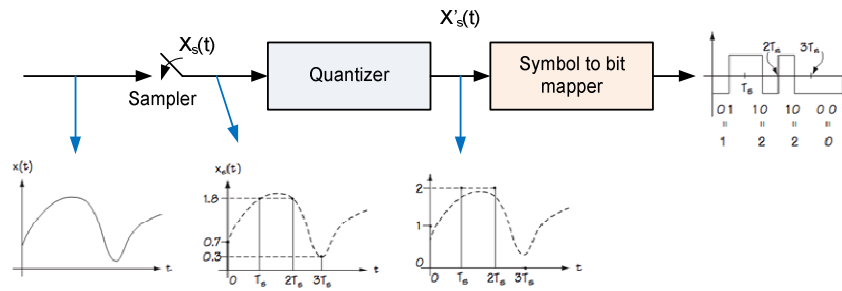
Proses yang terjadi pada *source codec* dengan menggunakan teknik *Pulsa Amplitude Modulation* (PAM) umumnya dimulai dari mengkonvolusi sinyal analog yang merupakan sinyal masukan dengan deret pulsa yang dihasilkan oleh generator pulsa dan menghasilkan satu Sinyal PAM yang merupakan sinyal diskrit. Untuk merekonstruksi sinyal tersebut menjadi sinyal analog seperti semula maka sinyal PAM di filter menggunakan *Low Pass Filter* untuk melewati frekuensi rendah antara nilai-nilai cuplik dari sinyal PAM. LPF harus memiliki suatu frekuensi cut off yang berada diantara BW dan $fs - BW$ seperti terlihat pada gambar 2.3 dibawah ini.



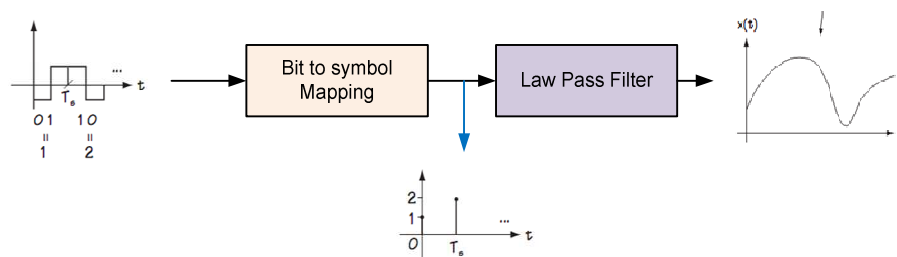
Gambar 2.3 Spektrum sinyal PAM (Bellamy, 2000)

2.3.2 Pulse Code Modulation (PCM)

Pulse code modulation (PCM) merupakan salah satu teknik digitalisasi sinyal analog. PCM coder pada sisi pemancar terdiri dari *sampler*, *quantizer*, dan *symbol to bit mapper*. PCM decoder pada sisi penerima terdiri dari *bit to symbol mapper* dan *low pass filter* seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2.4 dan Gambar 2.5 dibawah ini.



Gambar 2.4 Coder PCM (sumber : Nassar, 2001)



Gambar 2.5 Decoder PCM (sumber : Nassar, 2001)

2.3.2.1 Sampling atau Pencuplikan

Sampling atau pencuplikan adalah suatu proses yang dapat mengubah dari suatu bentuk sinyal analog ke beberapa sampel tertentu.

Teori *sampling* menyatakan suatu sinyal $f(t)$ di cuplik pada interval teratur dan pada kecepatan dua kali lebih tinggi dibanding frekuensi sinyal maksimumnya, maka hasil pencuplikan tersebut akan memuat segala informasi dari sinyal aslinya. Fungsi $f(t)$ dapat direkonstruksikan dari sampel-sampel dengan menggunakan *low pass filter*.

Proses pencuplikan dapat diwakili oleh *Pulse Amplitude Modulation* (PAM). Dimana bagian pencuplik dihubungkan dengan pembangkit pulsa yang merupakan sinyal pembawa. Proses pencuplikan akan mengambil sampel dengan melewati sinyal selama sinyal pembawa bernilai 1 dan tidak akan melewati sampel pada saat bernilai 0. Frekuensi sampling harus 2 kali lebih besar dari frekuensi informasinya.

2.3.2.2 Kuantizer

Sebuah kuantizer adalah sebuah alat yang menangkap sinyal $x_s(t)$ yang datang dan mengubah amplitudo pada integer terdekat ke salah satu nilai N .

Setiap menyatakan angka dan diubah menjadi integer paling dekat yang diinginkan misalnya antara 1 sampai 10. Sebagai contoh, disaat menyatakan angka 7.36 dan akan mengembalikan ke angka yang terdekat yakni angka 7. Pada saat menyatakan angka 3.9 kemudian dikembalikan pada angka 4. Jika memahami ini maka secara keseluruhan memahami kuantizer. Kuantizer merupakan sebuah alat yang dapat membentuk amplitudo yang datang menjadi amplitudo keluaran yang harus menjadi salah satu nilai yang terdekat dari nilai N . Kuantizer merupakan proses yang sangat penting dengan mengubah sinyal datang menjadi sinyal digital yang bisa dikomunikasikan dengan menggunakan sistem komunikasi digital.

2.3.2.3 *Symbol to Bit Mapper dan Bit to Symbol Mapper*

Symbol to bit mapper merupakan komponen dari *source coder* pada penerima yang mengubah amplitudo keluaran kuantizer atau simbol menjadi deret bit-bit digital biner. Sedangkan *bit to symbol mapper* merupakan komponen pada sisi penerima yang melakukan proses kebalikan dari *symbol to bit mapper* yakni mengubah deret bit-bit digital biner yang diterima menjadi simbol-simbol, kemudian nilai antara simbol-simbol tersebut dipilih mana yang frekuensi rendah untuk dilewatkan dan membatasi frekuensi tinggi dengan menggunakan *low pass filter*.

2.3.3 *Differential Pulse Code Modulation (DPCM)*

Differential Pulse Code Modulation (DPCM) akan mengkonversi sinyal analog ke bentuk digital. DPCM merupakan salah satu bentuk *predictive coding*, yang memiliki nilai prediksi. DPCM melakukan proses *sampling* terhadap sinyal analog, kemudian perbedaan antara nilai hasil *sampling* dan nilai prediksi (nilai prediksi didasarkan pada beberapa *sampling* sebelumnya) dikuantisasi, lalu

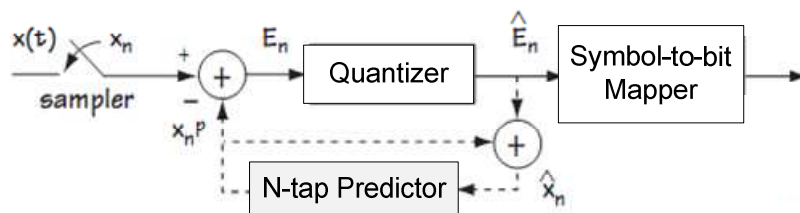
dipetakan ke dalam bit-bit digital oleh *symbol to bit mapper* (Yudhistira, 2009)

Konsep dasar dari DPCM adalah pengkodean suatu perbedaan, *Codeword* DPCM merupakan perbedaan-perbedaan antara beberapa *sampling*. Hal ini berdasarkan pada fakta bahwa kebanyakan sinyal-sinyal sumber menunjukkan korelasi penting antara beberapa *sampling* yang berurutan maka *encoder* menggunakan kelebihan di dalam nilai-nilai hasil *sampling* yang menyiratkan laju bit yang lebih rendah (Nassar, 2001).

Konsep dasar yang digambarkan di atas, mengacu pada suatu teknik di mana kita harus memprediksi nilai hasil *sampling* yang ada berdasar pada beberapa *sampling* sebelumnya, kemudian melakukan pengkodean perbedaan antara nilai sebenarnya dari *sampling* dan nilai prediksi. Nilai prediksi dihasilkan dari persamaan berikut ini.

$$x_n^p = \sum_{k=1}^K a_k \hat{x}_{n-k}$$

Dimana x_n^p adalah nilai-nilai hasil prediksi, a adalah *predictor* dan \hat{x}_{n-k} nilai *sampling* sebelumnya. Blok diagram dari *encoder* DPCM ditunjukkan oleh Gambar 2.6. Garis berwarna hitam menunjukkan bagaimana *encoder* DPCM memelihara struktur *predictive coder* secara umum, dan garis putus-putus menunjukkan bagaimana nilai prediksi DPCM dari persamaan di atas dihasilkan. Blok yang disebut *N-tap predictor* menerima \hat{x}_n sebagai masukan dan x_{n+1}^p keluaran.

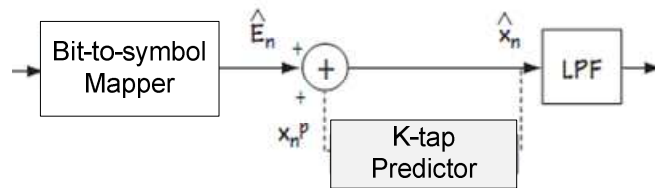


Gambar 2.6 Encoder DPCM (sumber : Nassar, 2001)

Dari Gambar 2.6, dapat dilihat bahwa *source coder* menghasilkan x_n^p atau nilai prediksi dalam dua langkah, pertama, menghasilkan nilai \hat{x}_n dengan penambahan x_n^p kepada E_n , lalu yang kedua menghasilkan nilai prediksi x_{n+1}^p

menggunakan \hat{x}_n^p . Kemudian nilai \hat{x}_n^p akan dibandingkan dengan nilai *sampling* yang sesungguhnya x_n dan perbedaan keduanya E_n dikuantisasi menghasilkan \hat{E}_n , dan berulang seterusnya pada beberapa *sampling* berikutnya.

Pada penerima sinyal informasi dikembalikan ke bentuk semula yaitu ke bentuk analog, proses pembalikan ini disebut *source decoding*, *source decoding* pada penerima mengkonversi sinyal terkode DPCM kembali menjadi sinyal informasi dan yang merekonstruksi sinyal informasi adalah *source decoder*. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.7, masukan dari *decoder* DPCM yang merupakan bit-bit digital dipetakan kembali ke dalam bentuk simbol oleh *bit to symbol mapper*. Untuk merekonstruksi kembali sinyal informasi keluaran *bit to symbol mapper* \hat{E}_n dijumlahkan dengan nilai prediksi \hat{x}_n^p yang dihasilkan oleh *predictor*. *Low pass filter* (LPF) digunakan untuk membalikkan efek *sampling* dan menghasilkan sinyal informasi suara seperti semula.



Gambar 2.7 *Decoder* DPCM (sumber : Nassar, 2001)

2.4 Low Pass Filter (LPF)

Filter merupakan suatu proses penyaringan frekuensi pada batas frekuensi yang diinginkan. Secara garis besar filter terdiri dari beberapa jenis, yakni *high pass filter*, *band pass filter* dan *low pass filter*. Dalam tugas akhir ini filter yang digunakan adalah *low pass filter* karena dengan filter ini dapat melewati frekuensi rendah dan menahan frekuensi diatas frekuensi *cutt off* (Sutoyo, 2008). Adapun jenis *low pass filter* yang digunakan pada tugas akhir ini adalah *Chebyshev*. Hal ini dikarenakan filter *Chebyshev* lebih baik dibandingkan dengan filter *Butterworth* yang juga merupakan *low pass filter*.

2.5 Program Matlab

Matlab adalah singkatan dari *Matrix Laboratory*, dan merupakan bahasa pemrograman yang dikembangkan oleh *The Mathwork*. Matlab menyediakan berbagai fasilitas untuk komputasi teknik. Perangkat lunak ini dapat melakukan perhitungan/komputasi, visualisasi dan penulisan kode pemrograman yang mudah, dimana permasalahan dan solusinya ditampilkan dalam notasi matematika yang sederhana. Penggunaan MATLAB secara umum adalah:

- a. Perhitungan Matematis,
- b. Pengembangan Algoritma,
- c. Pemodelan, Simulasi, dan Prototipe
- d. Analisis Data, Eksplorasi, dan Visualisasi,
- e. Grafis untuk Sains dan Ilmu Rekayasa
- f. Pengembangan Aplikasi, termasuk desain grafis antar muka (GUI)

MATLAB menyediakan suatu kumpulan fungsi (M-file) yang dinamakan *toolbox*. *Toolbox* ini berfungsi sebagai alat bantu dalam menyelesaikan masalah-masalah khusus seperti persamaan diferensial parsial, simulasi, jaringan syaraf tiruan, dan lain sebagainya. Beberapa toolbox penting yang akan digunakan dalam perancangan program simulasi berbagai macam teknik digitalisasi suara dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2.1 *Toolbox* penting perancangan program simulasi teknik digitalisasi suara

Toolbox	Deskripsi
bi2de	Mengubah biner ke bentuk desimal
cheby2	Melakukan proses filter menggunakan Chebyshev
de2bi	Mengubah desimal ke bentuk biner
dpcmenco	Melakukan proses DPCM coding
dpcmdeco	Melakukan proses DPCM decoding
dpcmopt	Memberikan parameter untuk mengoptimalkan kinerja DPCM coding
quantiz	Untuk melakukan kuantisasi pada parameter atau sinyal yang diberikan
wavrecord	Melakukan proses perekaman suara dan menyimpannya dalam format wave
wavwrite	Melakukan penyimpanan suara hasil rekam kedalam direktory

Selain pemograman menggunakan M-file matlab juga menyediakan *tool simulink* yang merupakan tool untuk kepentingan simulasi saja.

Matlab merupakan sistem interaktif dan sebuah program bahasa yang memiliki karekteristik antara lain yaitu:

- a. Bahasa pemogramannya didasarkan pada matriks (baris dan kolom).
- b. Memiliki waktu pengembangan program yang lebih cepat dibandingkan bahasa pemograman tradisional seperti Fortran atau C.
- c. Dapat diubah ke bahasa C lewat Matlab *compiler* untuk efisiensi yang lebih baik.

Dalam merancang dan membuat program simulasi berbagai macam teknik digitalisasi suara, digunakan *script-script* pada kumpulan fungsi atau M-file dan menggunakan *Graphic User Interface Designer* (GUIDE).

Ada beberapa perintah umum yang digunakan dalam pembuatan program simulasi berbagai macam teknik digitalisasi suara, yaitu:

- a. Iterasi Terbatas (*for ... end*)
Sintak ini digunakan untuk melakukan pengulangan proses yang telah diketahui jumlahnya.
- b. Kondisi Nilai Relatif (*if ... elseif ... else ... end*)
Sintak kondisional digunakan untuk syarat yang berada dalam nilai interval tertentu maupun absolut, baik numerik maupun *string*.
- c. Kondisional Nilai Absolut (*switch ... case ... end*)

Sintak ini hanya dapat digunakan untuk syarat dengan nilai yang tidak berada dalam interval tertentu, bisa berupa numerik maupun *string*.

BAB III

PERANCANGAN SISTEM

Bab ini menguraikan tentang perancangan Tugas Akhir. Bab ini membahas pada perancangan proses digitalisasi data informasi suara menggunakan teknik PAM, PCM, dan DPCM. Pembahasan yang akan dijelaskan dalam bagian ini meliputi : deskripsi sistem, perancangan diagram alir dan perancangan tampilan perangkat lunak (*interface*).

3.1 Deskripsi Sistem

Sistem digitalisasi suara pada Tugas Akhir ini menggunakan beberapa metode yakni : *Pulse Amplitudo Modulation*, *Pulse Code Modulation* dan *Differential Pulse Code Modulation*. Berikut adalah deskripsi dari metode – metode tersebut.

3.1.1 Deskripsi *Pulse Amplitudo Modulation*

Digitalisasi suara menggunakan teknik *Pulse Amplitudo Modulation* (PAM) terdiri dari beberapa bagian yakni generator pulsa yang menghasilkan *clock* pulsa yang digunakan menentukan waktu *sampler* untuk mencuplik amplitudo dari data *input*, *sampler* menghasilkan sinyal diskrit dari pencuplikan yang dilakukan oleh *sampler* berdasarkan *clock* pulsa, *sample and hold* merupakan bagian dari PAM *decoder* yang mengubah sinyal diskrit kembali menjadi sinyal kontinue dan *low pass filter* guna melewati frekuensi rendah antara nilai-nilai yang dihasilkan oleh *sample and hold*.

3.1.2 Deskripsi *Pulse Code Modulation*

Teknik *Pulse Code Modulation* (PCM) mengkonversikan sinyal analog ke dalam suatu sinyal digital dengan menggunakan kuantisasi yang pada dasarnya menangkap amplitudo masukan yang merupakan hasil sampling dan mengubahnya menjadi amplitudo keluaran yang mendekati nilai N (nilai peta yang ditetapkan) agar dapat dipetakan atau dikonversikan ke dalam bit-bit biner.

Pada sistem penerima, sinyal di-*recovery* hanya menggunakan *Biner to Symbol Mapping* yang mengubah biner menjadi simbol digital kemudian melewati frekuensi rendah antara nilai-nilai yang dihasilkan *Biner to Symbol Mapping* menggunakan *low pass filter*.

3.1.3 Deskripsi Differensial Pulse Code Modulation

Differential Pulse Code Modulation (DPCM) akan mengkonversi sinyal analog ke dalam suatu sinyal digital dan merupakan bentuk dari *predictive coding*, oleh karena itu DPCM memiliki nilai prediksi. DPCM melakukan proses *sampling* terhadap sinyal analog, kemudian perbedaan antara nilai hasil *sampling* dan nilai yang diprediksi dikuantisasi, lalu dipetakan ke dalam bit-bit digital pada *symbol to bit mapper*.

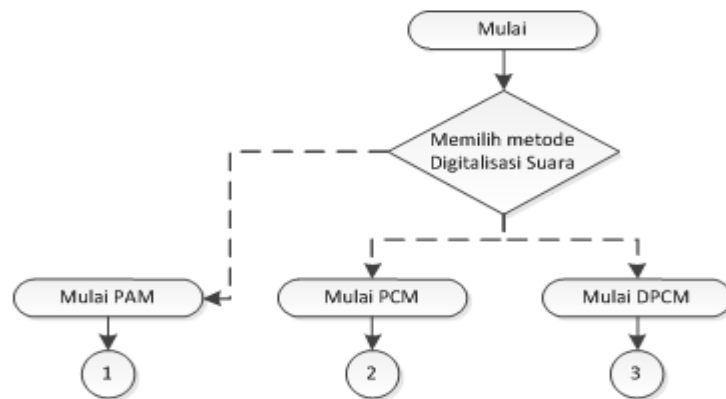
Konsep dasar dari DPCM adalah pengkodean suatu perbedaan, ini berdasarkan pada fakta bahwa kebanyakan sinyal-sinyal sumber menunjukkan korelasi penting antara beberapa *sampling* yang berurutan maka *encoder* menggunakan kelebihan di dalam nilai-nilai hasil *sampling* yang menunjukkan laju bit yang lebih rendah.

Pada dasarnya pada teknik DPCM kita harus memprediksi nilai hasil *sampling* yang ada berdasar pada beberapa *sampling* sebelumnya, dan kita harus mengkodekan perbedaan antara nilai sebenarnya dari *sampling* dan nilai prediksi. Sedangkan pada penerima sistem pada dasarnya menjumlahkan nilai yang diterima dengan nilai prediksi berdasarkan nilai yang diterima sebelumnya.

3.2 Perancangan diagram alir (Flowchart)

3.2.1 Flowchart main program

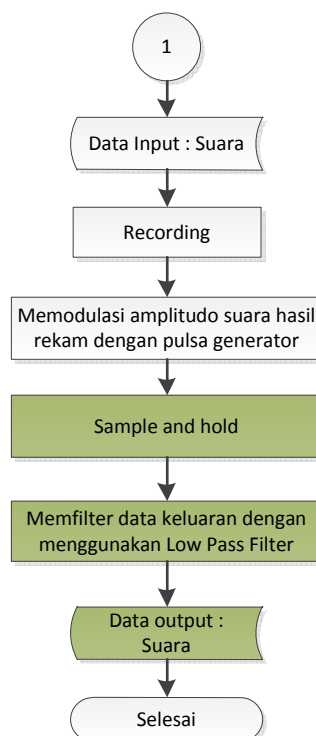
Perancangan *flowchart* pada *Sim Source Coder* ke dalam empat bagian yaitu *flowchart* PAM, PCM dan DPCM. seperti yang terlihat pada Gambar 3.1 dibawah ini. Pada menu utama terdapat empat pilihan metoda yang akan digunakan untuk mengkonversikan sinyal suara (analog) menjadi sinyal digital.



Gambar 3.1 *Flowchart main program*

3.2.2 *Flowchart PAM*

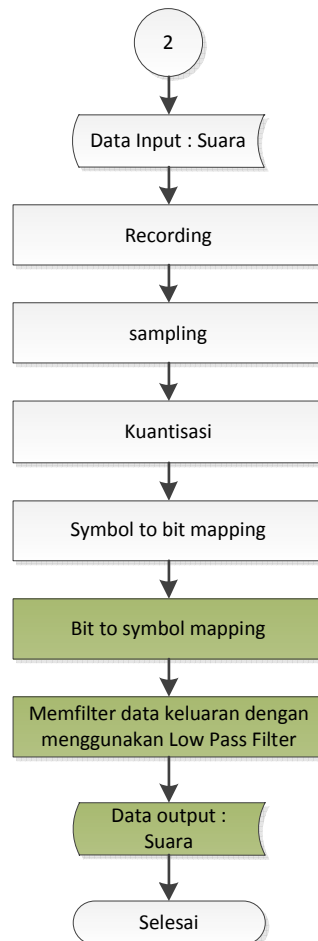
Flowchart PAM merupakan gambaran algoritma dalam mengkonversikan suara pengguna menjadi sinyal digital kemudian sebaliknya menggunakan teknik PAM pada perangkat lunak *Sim Source Coder*. *Flowchart* proses PAM dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 *Flowchart PAM*

3.2.3 Flowchart PCM

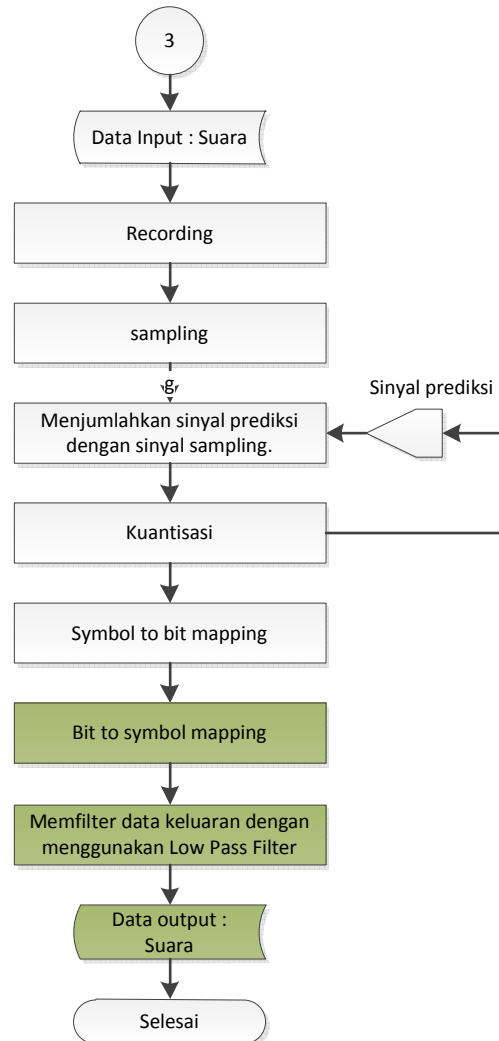
Flowchart PCM merupakan algoritma dalam mengkonversikan suara pengguna menjadi sinyal digital kemudian sebaliknya menggunakan teknik PCM pada perangkat lunak *Sim Source Coder*. *Flowchart* proses PCM dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 *Flowchart* PCM

3.2.4 Flowchart DPCM

Flowchart DPCM merupakan algoritma dalam mengkonversikan suara pengguna menjadi sinyal digital kemudian sebaliknya menggunakan teknik DPCM pada perangkat lunak *Sim Source Coder*. *Flowchart* proses DPCM dapat dilihat pada Gambar 3.4. DPCM terdapat perbedaan yaitu terdapat feedback berupa proses yang menghasilkan sinyal prediksi.



Gambar 3.4 *flowchart* DPCM

3.3 Perancangan Tampilan Sistem (antar muka)

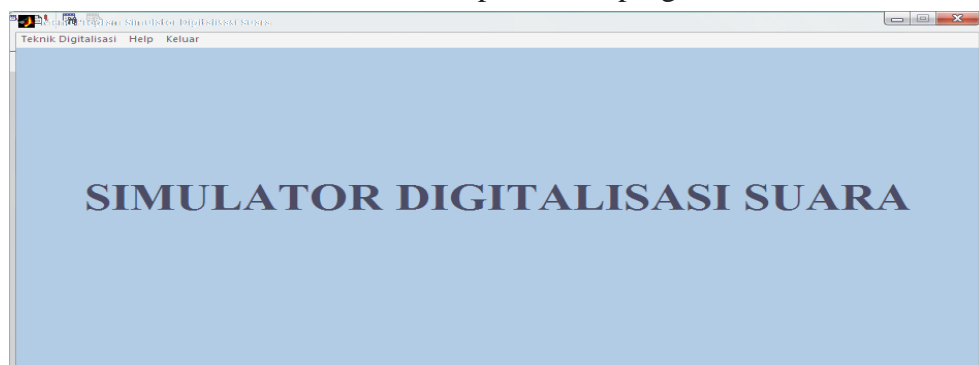
Langkah awal dalam merancang sebuah antar muka (*interface*), ada ketentuan yang harus diperhatikan yakni menentukan tampilan awal yang akan dirancang, sehingga tampilan awal ini akan mencerminkan proses keseluruhan program yang akan dibuat pada simulasi teknik digitalisasi.

Untuk lebih interaktif perlu dirancang tampilan yang mudah dipahami oleh pengguna, sehingga pengguna dapat dengan mudah menggunakan dan mempelajari berbagai teknik digitalisasi yang terdapat pada *sim source coder*.

Gambar 3.6 dan 3.7 dibawah ini akan menunjukkan tampilan awal untuk membuka program simulatorteknik digitalisasi yakni PAM, PCM dan DPCM dengan inputan sinyal analog berupa suara dan sinusoida.

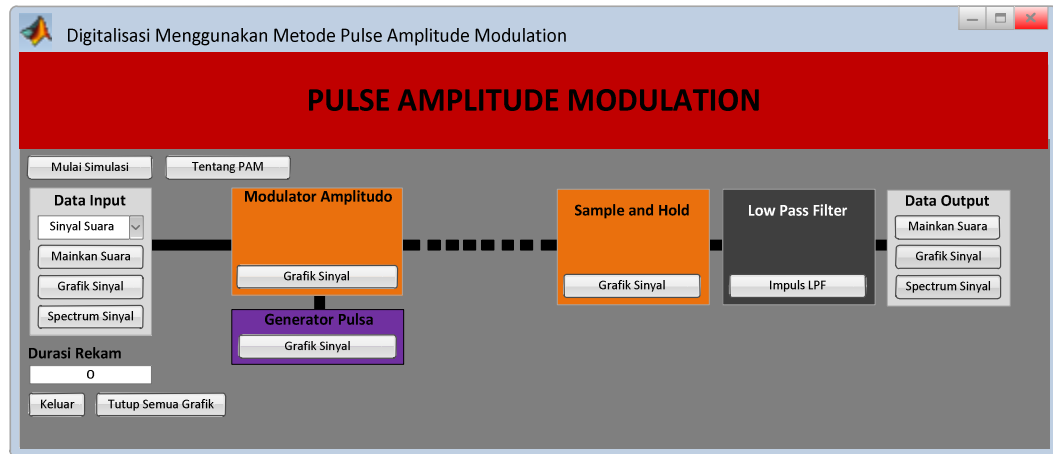


Gambar 3.5 Tampilan awal program

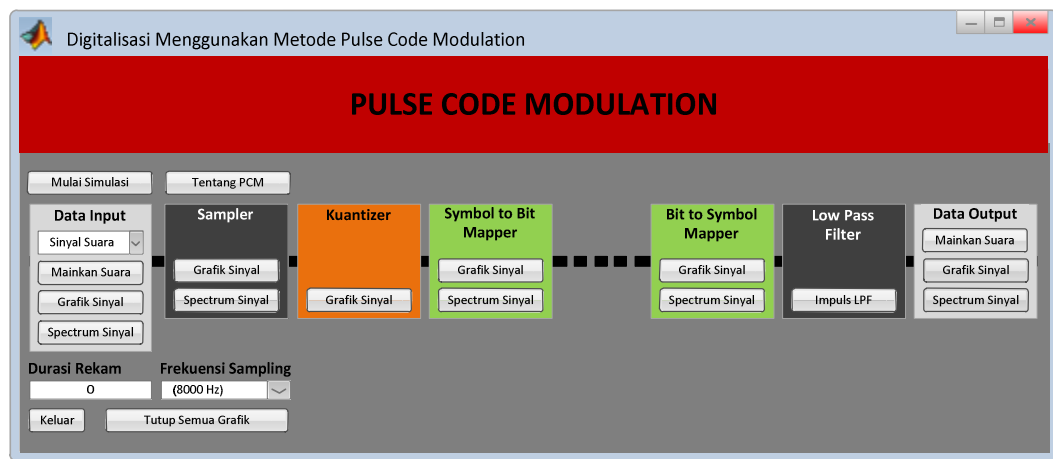


Gambar 3.6 Tampilan program lanjutan

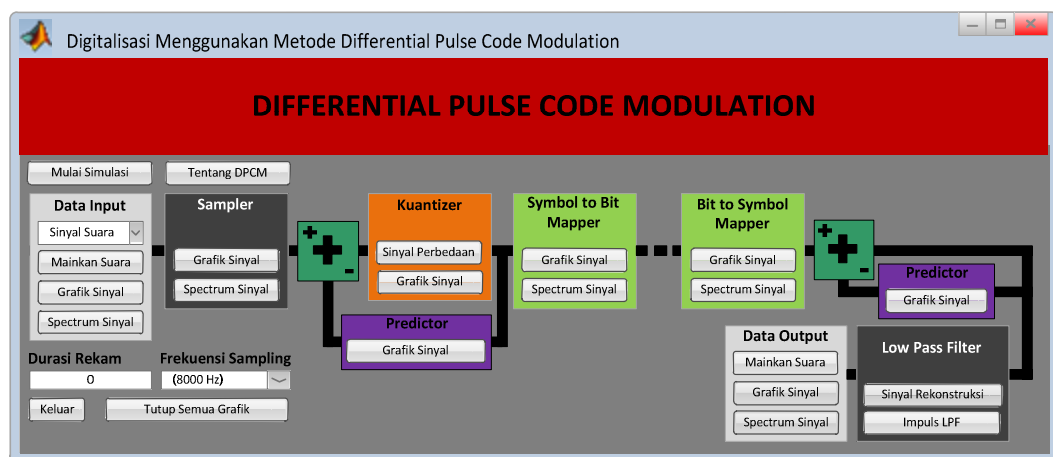
Setelah memperlihatkan rancangan tampilan pembuka program, maka akan memasuki sub-sub tampilan dari *sim source coder* pada masing-masing teknik digitalisasi seperti yang akan diperlihatkan pada gambar 3.8 sampai gambar 3.11.



Gambar 3.7 Tampilan simulator teknik PAM



Gambar 3.8 Tampilan simulator teknik PCM



Gambar 3.9 Tampilan simulator teknik DPCM

BAB IV

HASIL DAN ANALISIS

Bab ini menguraikan tentang hasil dan analisis Tugas Akhir. Bab ini menitikberatkan pada hasil proses digitalisasi data informasi suara menggunakan teknik PAM, PCM dan DPCM. Kemudian menganalisis setiap keluaran pada masing-masing proses digitalisasi baik pada pengirim maupun pada penerima. Topik yang akan diuraikan dalam bagian ini meliputi : analisa sistem, analisis perangkat lunak, analisis hasil pengujian dari teknik digitalisasi dan analisis penerapan sistem.

4.1 Analisa Sistem

Ada begitu banyak teknik digitalisasi suara yang beberapa diantaranya digunakan pada Tugas Akhir ini, yaitu teknik digitalisasi *Pulse Amplitudo Modulation*, *Pulse Code Modulation* dan *Differential Pulse Code Modulation*. Teknik-teknik tersebut mampu mengubah sinyal analog menjadi suatu bentuk sinyal digital pada sisi pengirim dan sebaliknya dapat mengubah sinyal digital menjadi sinyal analog pada sisi penerima. Pada Tugas Akhir ini teknik-teknik tersebut akan dikemas ke dalam sebuah simulasi yang memudahkan untuk memahami proses kerja dari teknik-teknik tersebut.

4.2 Analisa Perangkat Lunak

Tugas Akhir ini merupakan proyek perangkat lunak yang mengimplementasikan teknik – teknik digitalisasi khususnya PAM, PCM dan DPCM. Peneliti sebelumnya (Sutoyo, 2007) merancang sebuah simulasi untuk mengetahui dan meneliti proses kerja dari PCM dan (Yudhistira, 2009) merancang sebuah simulasi untuk mengetahui dan meneliti proses kerja teknik modulasi GMSK menggunakan teknik digitalisasi DPCM sebagai *source coding*. Maka dilakukan pengembangan pada teknik kuantisasi dari masing – masing teknik digitalisasi agar tidak terlalu banyak sinyal hasil sampling yang hilang pada

proses kuantisasi, kemudian ruang lingkup diperluas dengan membangun simulator PAM sebagai perbandingan dari setiap level kualitas teknik digitalisasi suara. Perangkat lunak ini menggunakan data suara sebagai data masukannya. Perangkat lunak ini selanjutnya disebut sebagai *Sim Source Coder*. Analisa perangkat lunak yang akan dibangun meliputi spesifikasi sistem, kebutuhan antar muka dan kebutuhan fungsional.

4.2.1 Spesifikasi Sistem

Penjelasan spesifikasi sistem ini mencakup kebutuhan perangkat lunak, tujuan pengembangan perangkat lunak dan arsitektur perangkat lunak.

4.2.1.1 Kebutuhan Perangkat Lunak

Berdasarkan uraian bab sebelumnya, maka diperlukan suatu perangkat lunak yang dapat memenuhi kebutuhan berikut :

- a. Menerima masukan suara hasil rekaman dan menyimpan masukan suara tersebut dalam format *wav*.
- b. Dapat melakukan *source coding* dan *source decoding* dengan menggunakan berbagai teknik digitalisasi khususnya PAM, PCM dan DPCM.
- c. Dapat memutar ulang suara pada masukan sistem yang merupakan suara hasil *recording* dan suara pada keluaran sistem, sehingga pengguna dapat mengamati perubahan yang terjadi sebelum dan sesudah mengalami proses transmisi.
- d. Dapat menampilkan grafik sinyal dalam domain waktu dan domain frekuensi pada proses-proses tertentu.

4.2.1.2 Tujuan Pengembangan Perangkat Lunak

Sim Source Coder ditujukan untuk mensimulasikan proses digitalisasi suara menggunakan teknik PAM, PCM dan DPCM. *Sim Source Coder* mampu menampilkan grafik sinyal dari beberapa proses tertentu sehingga dapat mempermudah pengguna mempelajari dan mengamati teknik digitalisasi yang disimulasikan perangkat lunak.

4.2.1.3 Arsitektur Perangkat Lunak

Secara umum, perangkat lunak *Sim Source Coder* memiliki 3 simulator, yaitu PAM, PCM dan DPCM. Setiap simulator memiliki 3 komponen utama yaitu komponen *recording*, komponen *source encoding* dan *source decoding*.

Masukan untuk komponen *recording* adalah suara pengguna yang langsung direkam oleh *Sim Source Coder* yang menghasilkan data suara dengan format *wav* dan frekuensi *sampling* bervariasi mulai dari 8000 Hz sampai dengan 44100 Hz. Keluaran dari komponen ini adalah sebuah data suara dengan format *wav* yang kemudian akan melalui *source encoding* dan *source decoding*.

Komponen *source encoding* merupakan komponen yang melakukan proses konversi sinyal analog menjadi sinyal digital. Komponen *source decoding* melakukan proses mengembalikan sinyal digital yang diterima pengirim menjadi sinyal analog.

4.2.1.4 Kebutuhan Antar Muka

Antar muka perangkat keras yang dibutuhkan dalam perangkat lunak *Sim Source Coder* adalah piranti *Audio* (*sound card*, *speaker*, dan *microphone*) sebagai alat untuk memasukkan data suara dan mendengarkan data masukan serta keluaran. *Sim Source Coder* juga membutuhkan piranti *visual* (*VGA card* dan *monitor*) sebagai alat untuk mengoperasikan serta menampilkan grafik sinyal dari proses *source encoding* dan *source decoding*.

4.2.1.5 Kebutuhan Fungsional

Model fungsional perangkat lunak menggambarkan secara garis besar mengenai proses-proses yang terjadi dalam perangkat lunak tanpa menguraikan secara terperinci, bagaimana pengimplementasian proses-proses tersebut.

4.3 Analisis Perangkat Lunak

Dalam perangkat lunak *Sim Source Coder* ini memiliki 2 komponen utama, yaitu subsistem pengolahan data, dan subsistem pengolahan dialog (antar muka).

4.3.1 Subsistem Pengolahan Data

Subsistem pengolahan dan perancangan data merupakan sistem penyedia dan pengolahan data bagi sistem. Pengolahan data sistem diuraikan dalam bentuk *flowchart*.

4.3.2 Subsistem Pengolahan Dialog

Perancangan antar muka merupakan penjabaran komunikasi antara perangkat lunak dengan sistem diluarnya dan antara perangkat lunak dengan penggunaanya. Pada sistem dialog ini akan dijelaskan mengenai perancangan tampilan *Sim Source Coder*.

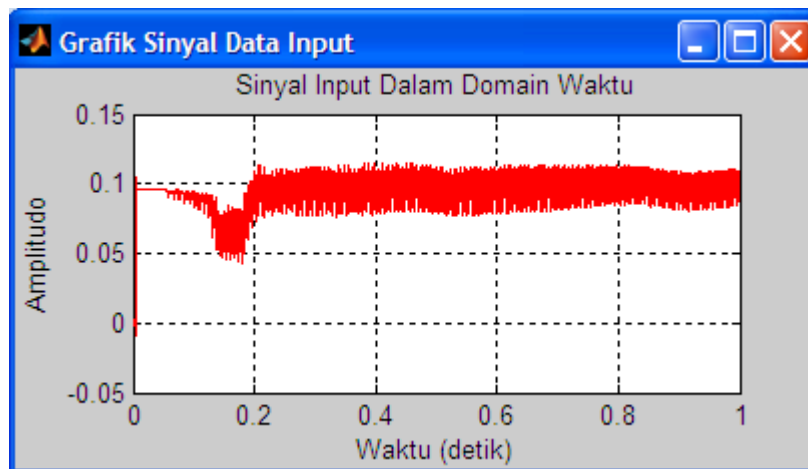
4.3.3 Analisis hasil pengujian

Pada hasil pengujian simulator teknik digitalisasi meliputi beberapa teknik digitalisasi yakni PAM, PCM dan DPCM yang terdiri dari dua komponen komunikasi yakni pada pengirim dan pada penerima.

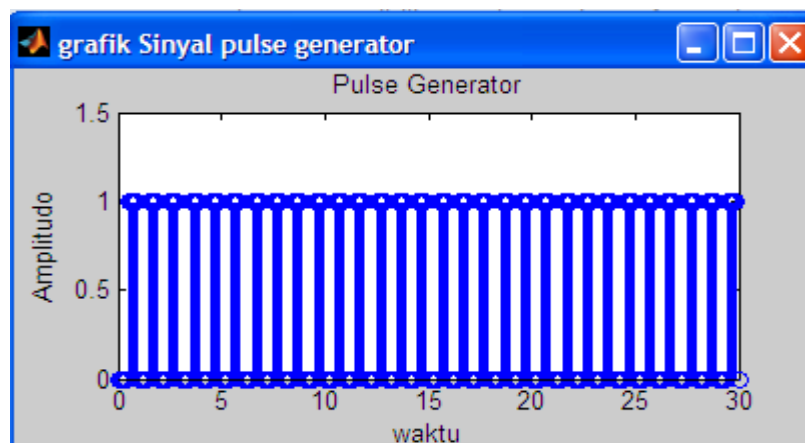
Sebuah komunikasi yang baik adalah kemampuan penerima menerima informasi yang dikirimkan oleh pengirim sehingga pengirim dan penerima adalah sama. Namun pada proses penerima merupakan kebalikan dari proses pengirim yang inputan berupa sinyal analog, kemudian dilakukan proses digitalisasi dan akhirnya pada penerima akan diubah kembali menjadi analog.

Berikut ini adalah hasil pengujian masing-masing teknik digitalisasi

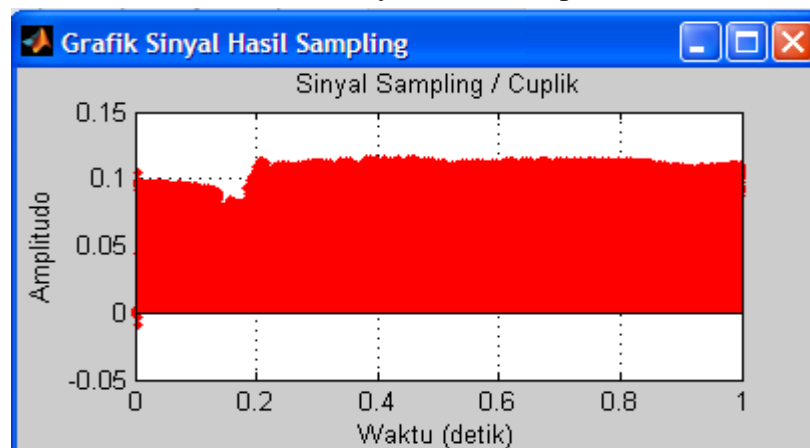
4.4.1 Hasil pengujian teknik *pulse amplitude modulation* (PAM)



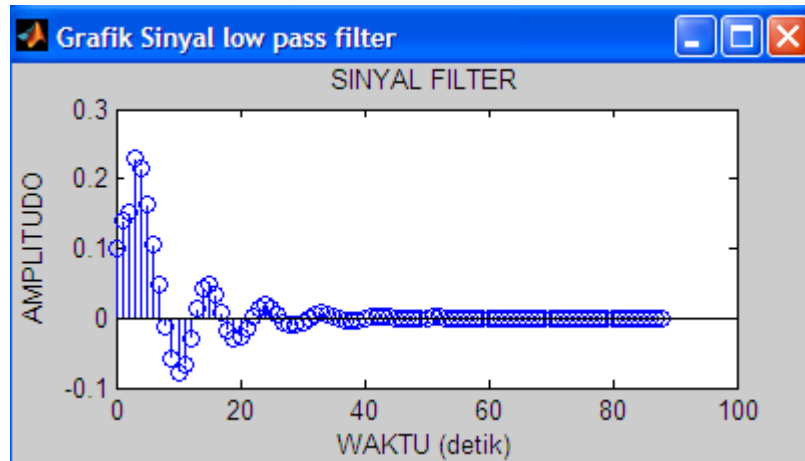
Gambar 4.1. Sinyal masukan suara teknik PAM



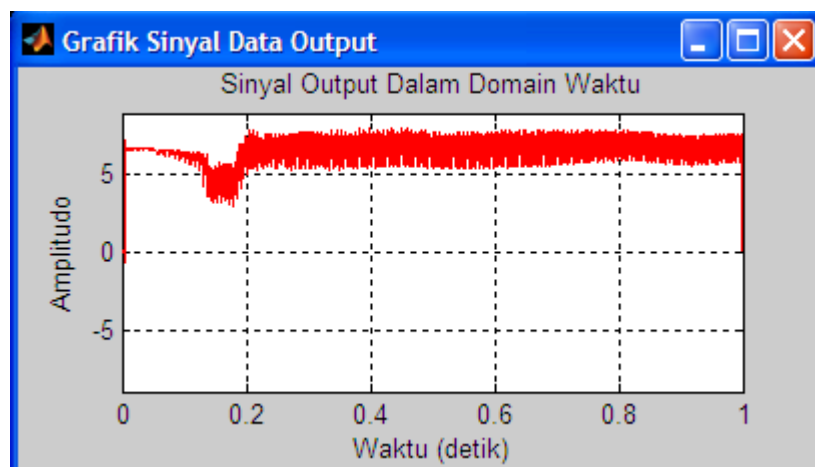
Gambar 4.2. Sinyal Generator pulsa



Gambar 4.3. Sinyal tersampel



Gambar 4.4. Sinyal filter



Gambar 4.5. Sinyal keluaran setelah proses filiter

Pada gambar diatas dapat dianalisa bahwa pada proses teknik *Pulse amplitude modulation* (PAM) merupakan proses awal untuk melakukan proses digitalisasi dengan pengambilan sampel masukan dari sinyal berupa analog yakni ada dua masukan yaitu suara dan sinyal sinusoida yang mengubah kedalam sinyal diskrit.

Sinyal PAM dihasilkan dari proses penyampelan amplitudo masukan berupa suara yang menghasilkan sinyal diskrit yang telah memiliki nilai ketetapan amplitudo pada masing-masing penyampelan.

Hasil keluaran pada bagian pengirim didapat hasil penggabungan sinyal informasi berupa analog dengan generator pulsa yang berfungsi sebagai pembangkit sinyal dengan frekuensi yang tinggi dan nilai tegangan bernilai 1. Ini artinya setiap pulsa generator yang menyampel amplitudo informasi akan

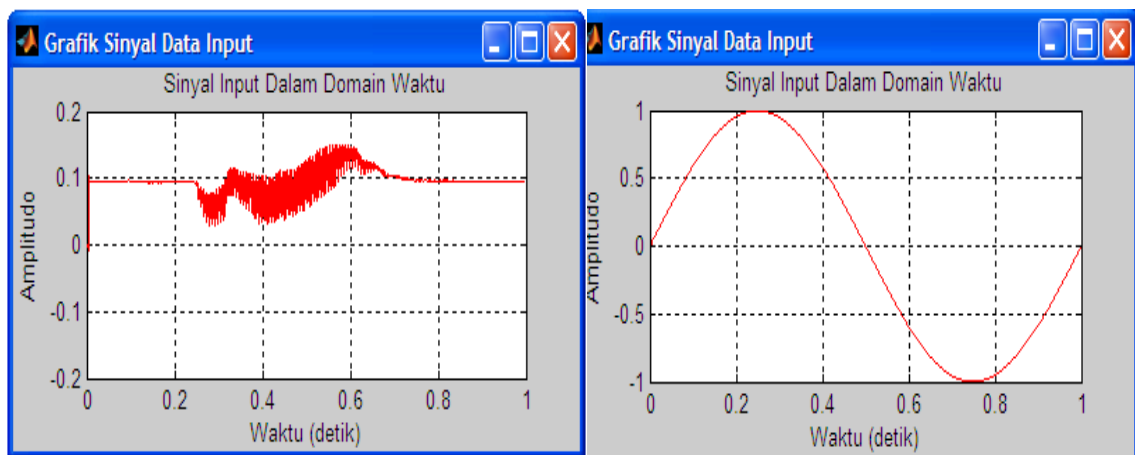
menghasil bentuk sinyal seperti aslinya namun sinyal ini memiliki frekuensi tinggi agar selama perjalanan di media transmisi dapat dilakukan dengan baik.

Analisa masih dilanjutkan pada bagian kedua dari komponen utama komunikasi yakni penerima. Pada bagian ini tidaklah semata-merta menerima sinyal informasi dari pengirim tetapi mengalami proses perbaikan sinyal, karena suatu komunikasi yang baik adalah kemampuan penerima menerima sinyal informasi dari pengirim.

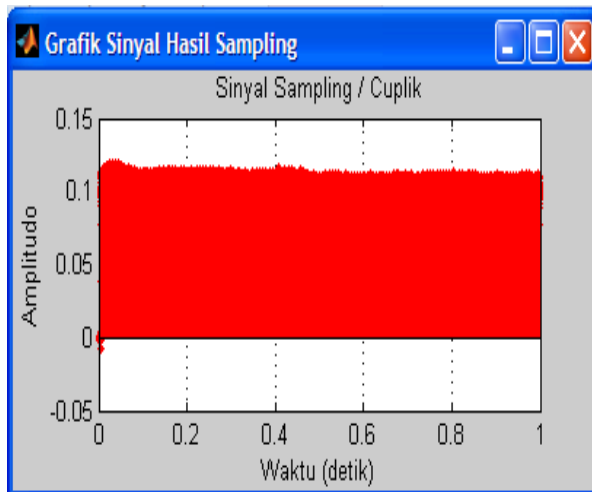
Pada proses modulasi penggabungan sinyal informasi dengan gelombang pembawa mengakibatkan sinyal memiliki frekuensi jauh lebih tinggi dibanding aslinya, oleh karena itu pada penerima harus dilewati sebuah proses yang disebut filterisasi dengan jenis yang dipakai adalah *low pass filter*.

Filterisasi mengakibatkan sinyal yang dihasilkan adalah sinyal seperti pada pengiriman sehingga dapat dikatakan sinyal kirim sama dengan yang diterima.

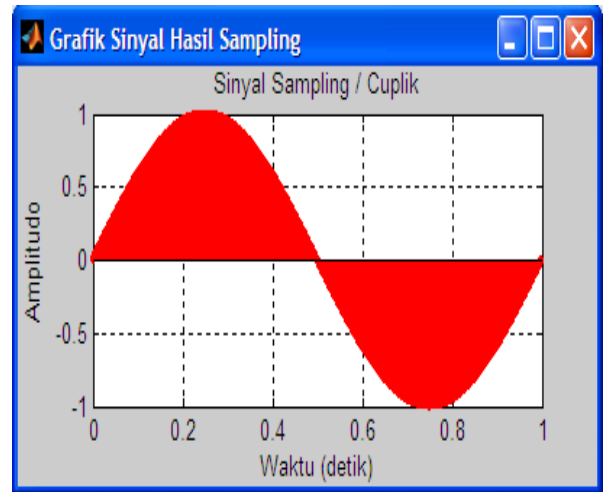
4.4.2 Hasil pengujian teknik *pulse code modulation* (PCM)



(a) (b)
Gambar 4.6 Sinyal masukan teknik PCM (a) Suara (b) Sinusoida

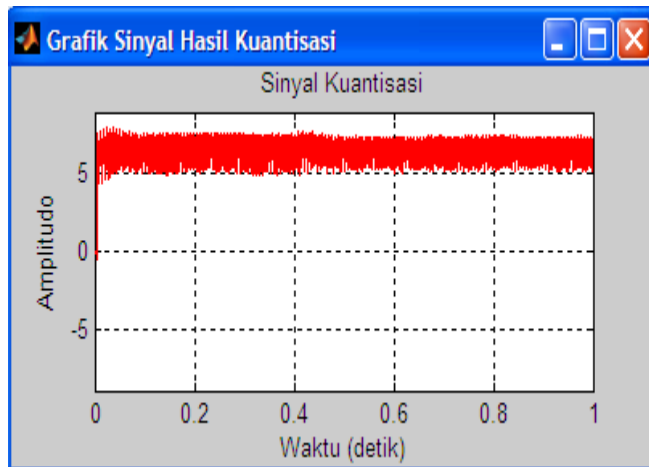


(a)

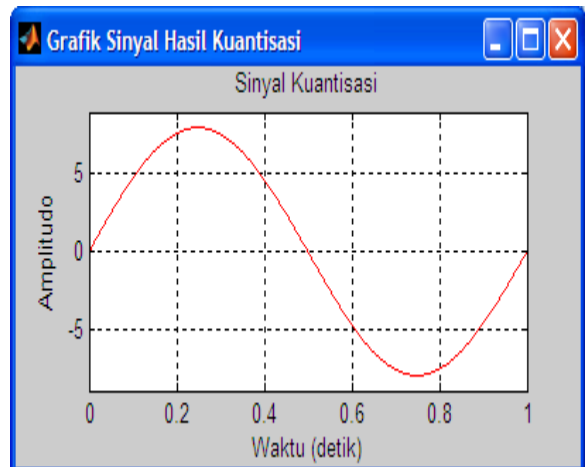


(b)

Gambar 4.7 Sinyal hasil sampling PCM (a) Suara (b) Sinusoida

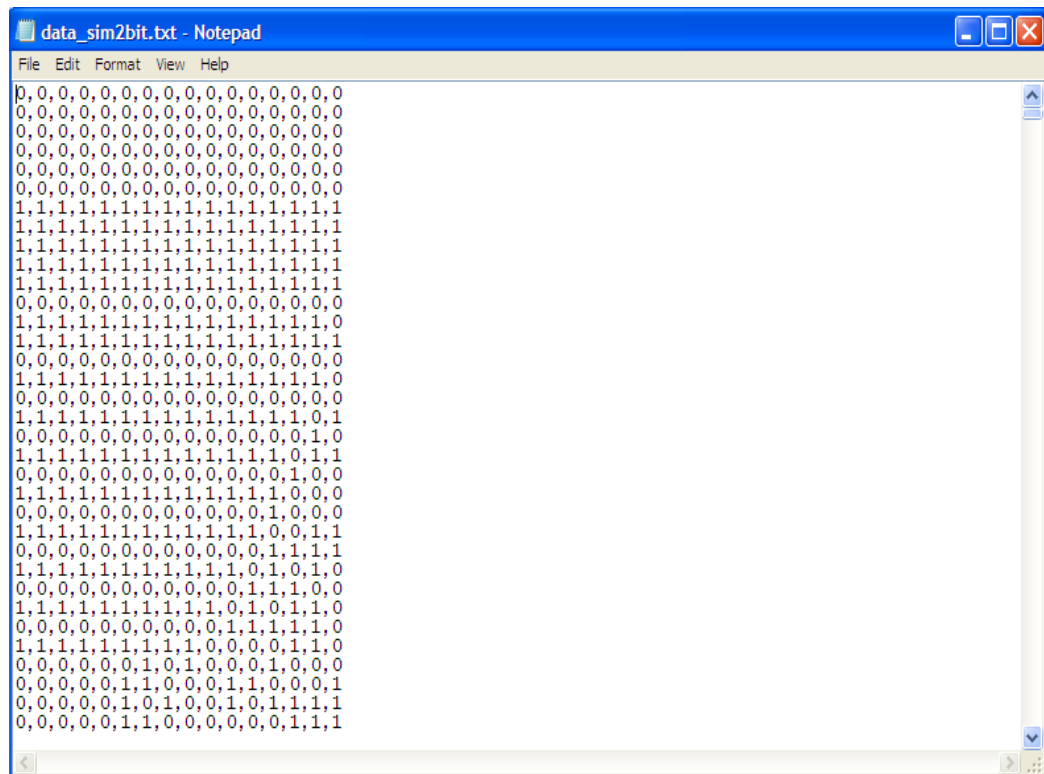


(a)

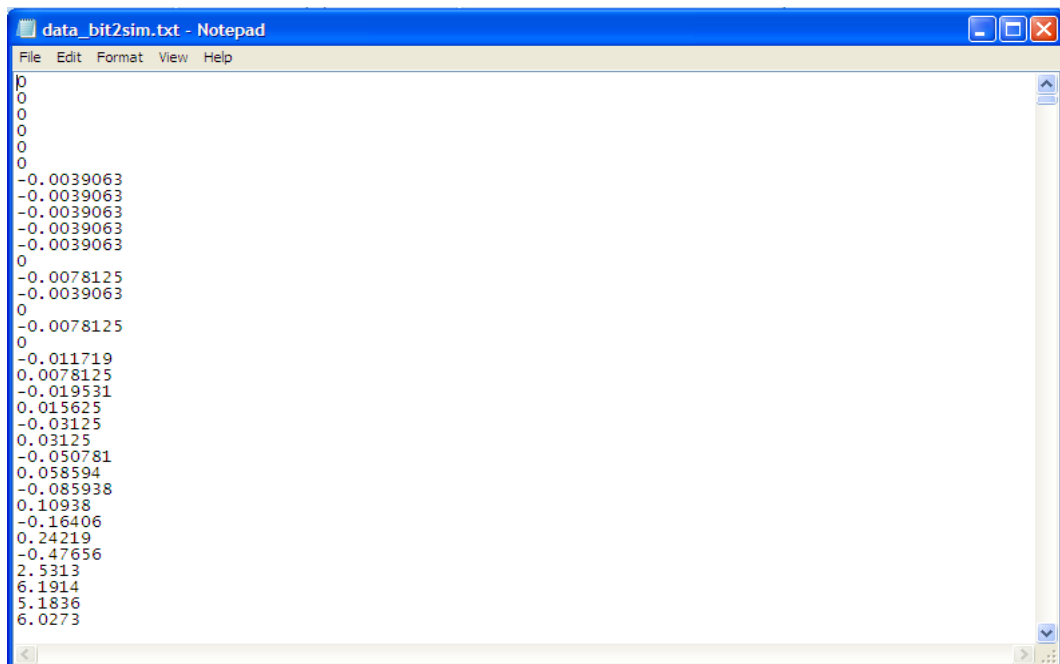


(b)

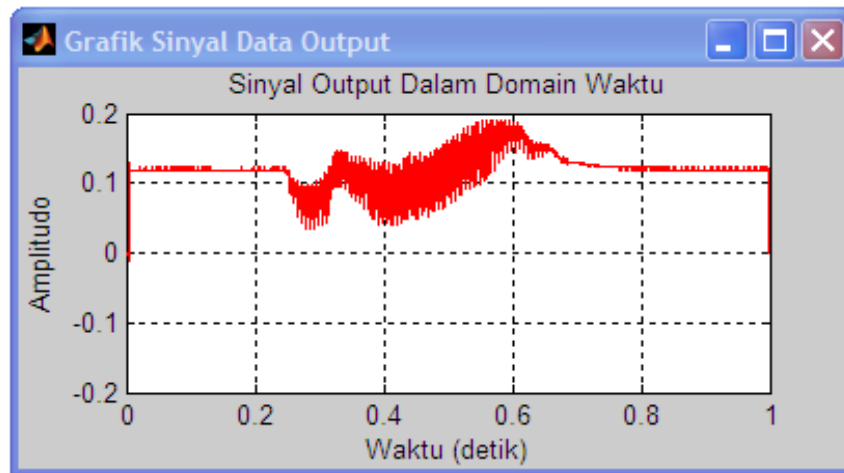
Gambar 4.8 Sinyal hasil kuantitasi (a) Suara (b) Sinusoida



Gambar 4.9 data digital proses *symbol to bit mapper*



Gambar 4.10 data simbol



Gambar 4.11 Sinyal keluaran pada penerima

Pada hasil gambar diatas dapat dianalisa bahwa proses teknik pengkodean dengan *pulse code modulation* (PCM) merupakan awal perubahan proses analog menjadi digital, karena dengan teknik ini semua inputan berupa sinyal analog dapat diubah dengan sebaik mungkin menjadi digital.

Proses digitalisasi pada teknik *pulse code modulation* (PCM) berawal dengan proses penyampelan dengan ketentuan bahwa frekuensi sampling harus melebihi dua kali dari frekuensi sumber informasi. Ini bertujuan semakin meningkatkan jumlah frekuensi sampling maka data penyampelan akan semakin banyak (data semakin lengkap) dan sinyal akan mendekati seperti sinyal aslinya.

Setelah dilakukan penyampelan belum menghasilkan data digital karena data hasil penyampelan masih dalam keadaan desimal dan bilangan berkoma, ini akan menyulitkan melakukan perubahan kedalam bentuk digital yakni berupa data biner. Untuk itu dilakukan proses selanjutnya yakni kuantisasi.

Proses kuantisasi merupakan proses pendekatan nilai integer dengan pembulatan nilai kepada nilai integer terdekatnya sehingga data bisa dikonversi menjadi digital namun untuk proses ini menghasilkan sinyal diskrit. Penambahan level kuantitasi mengakibatkan data semakin banyak sehingga untuk meningkatkan jumlah data salah satunya menaikkan level kuantitasi.

Namun pada proses ini mengalami kekurangan akibat selisih pembulatan

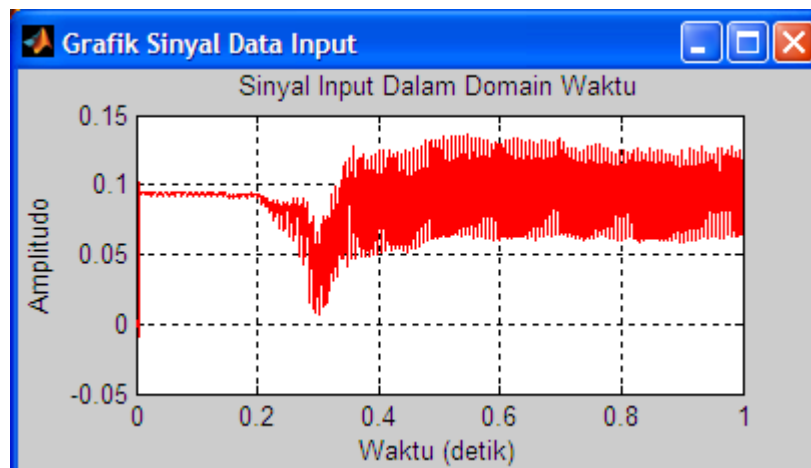
yang sangat jauh yang dilakukan berulang kali sehingga perubahan akan terjadi nilai biner yang seharusnya bernilai logika 1 kemungkinan menjadi logika 0 ataupun sebaliknya yang dikenal dengan noise kuantitasi.

Setelah data memiliki nilai yang tetap maka dilakukan proses selanjutnya yang dikenal dengan *symbol to bit mapper* yang bertujuan mengkonversi nilai desimal hasil kuantitasi diubah menjadi data digital dan data dikirimkan oleh pengirim kepada penerima.

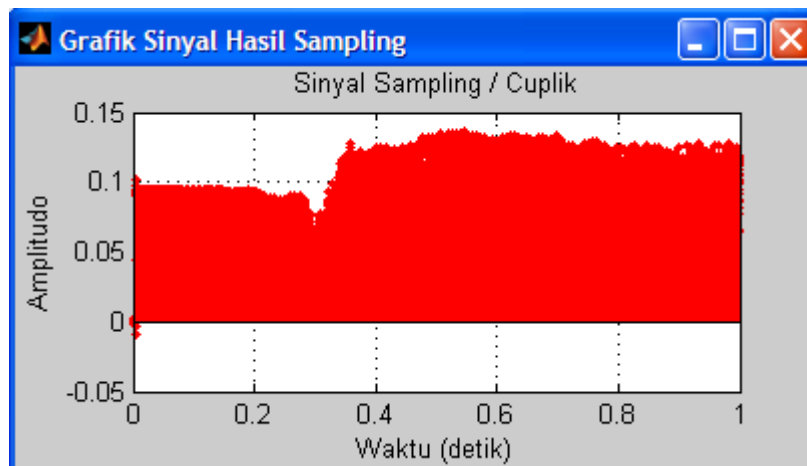
Pada bagian penerima merupakan proses kebalikan dari pengirim dengan tujuan agar sinyal analog yang dikirimkan pada pengirim dan penerima akan menerima sinyal berupa analog juga.

Proses yang dialami pada bagian penerima adalah perubahan sinyal digital menjadi analog kembali yang dikenal dengan *bit to symbol mapper*. Pada proses PCM ini juga memakai alat telekomunikasi seperti filter agar sinyal dilakukan penyaringan dengan *low pass filter* dan hasilnya data yang dikirim sama dengan yang diterima.

4.4.3 Hasil pengujian teknik *Differential pulse code modulation (DPCM)*



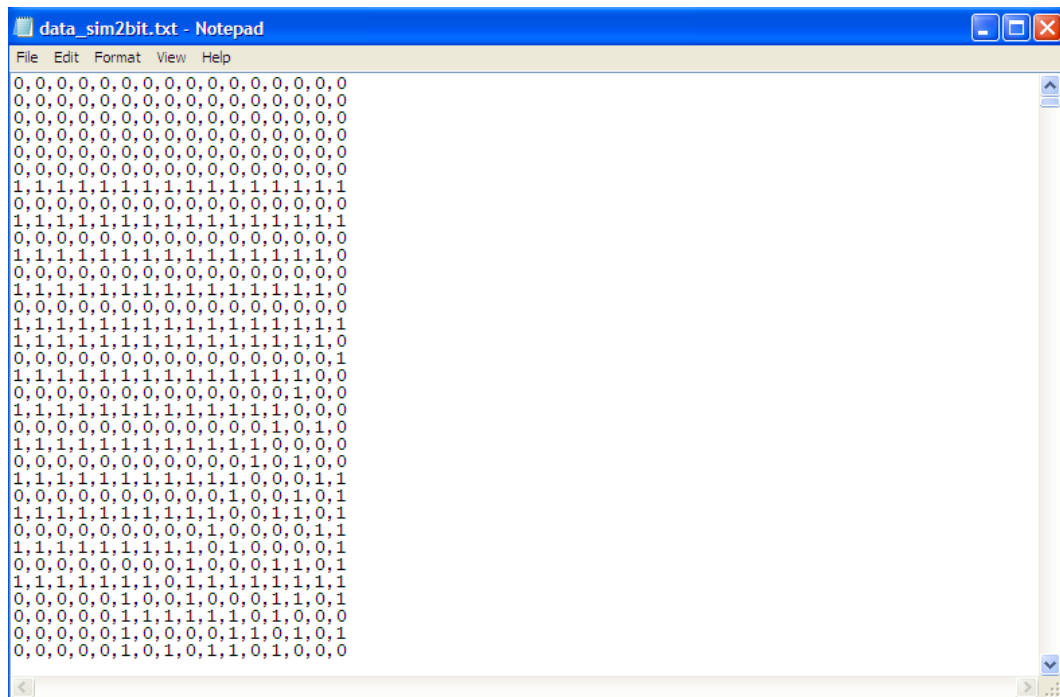
Gambar 4.12 Sinyal masukan suara pada teknik DPCM



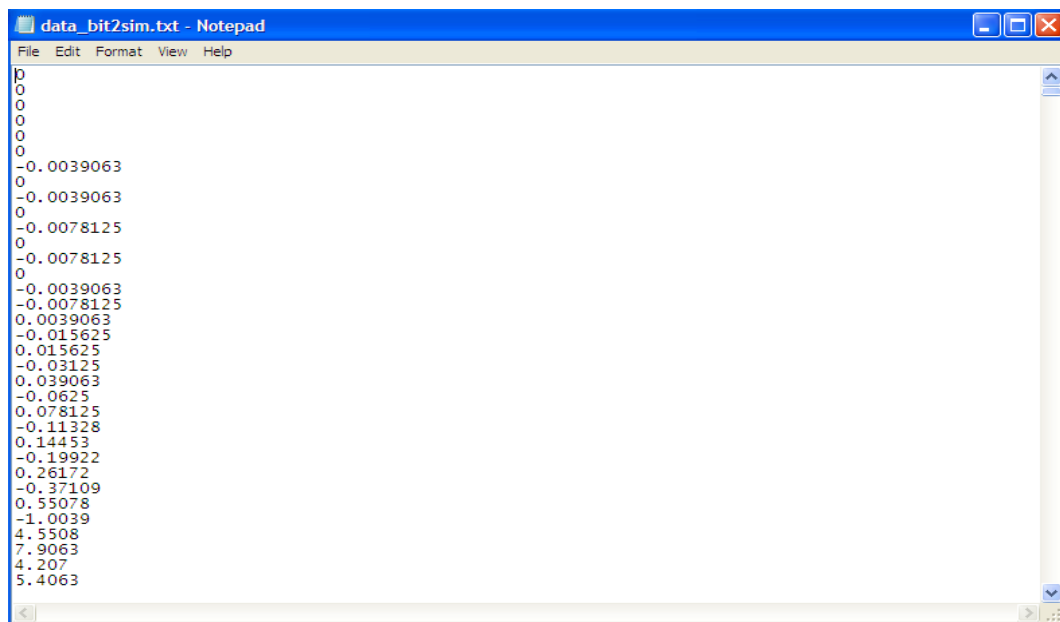
Gambar 4.13 Sinyal hasil sampling pada teknik DPCM



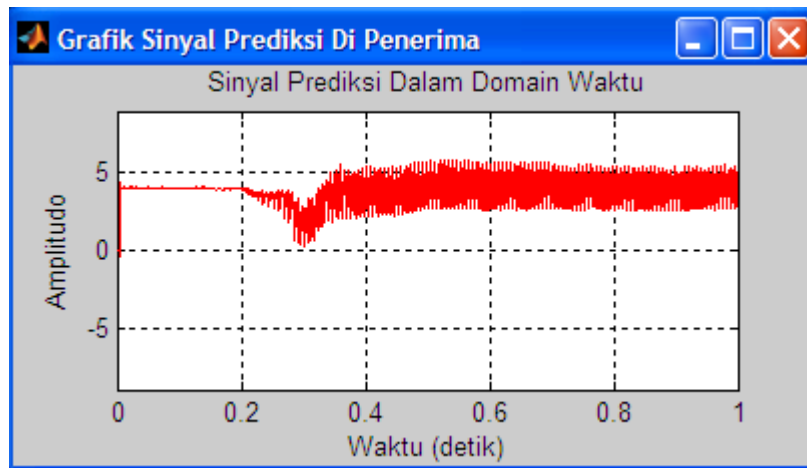
Gambar 4.14 Sinyal perbedaan predictor



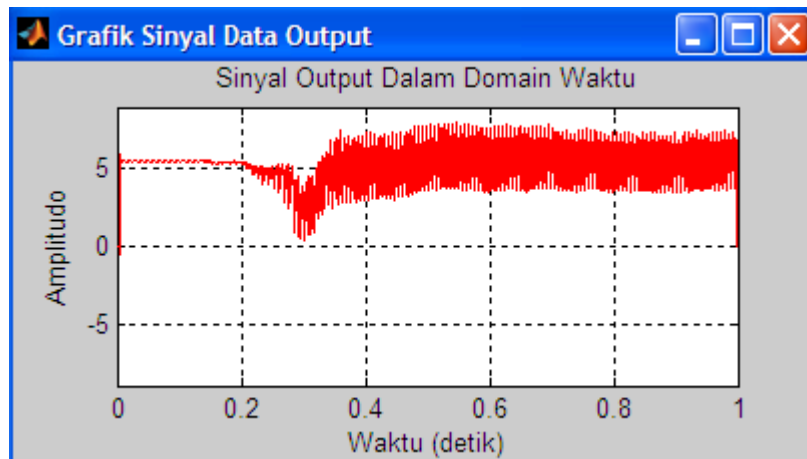
Gambar 4.15 data biner pada teknik DPCM



Gambar 4.16 data simbol pada teknik DPCM



Gambar 4.17 Sinyal prediksi pada penerima teknik DPCM



Gambar 4.18 Sinyal keluaran pada penerima teknik DPCM

Pada gambar diatas dapat dianalisa bahwa teknik *deferensial pulse code modulation* (PCM) merupakan pengembangan dari teknik *pulse code modulation* (PCM) dengan perbedaan menambah sebuah predictor yang bertugas memprediksi data tambahan masing-masing data sehingga lebih akurat dalam pemrosesannya.

Pada prosesnya sama halnya dengan *pulse code modulation* (PCM) karena proses yang terjadi masih mengalami proses sampling, kuantisasi dan *symbol to bit mapper* namun diantara kuantizer diletakkan predictor *encoder* DPCM untuk memelihara struktur *predictive coder* secara umum.

4.5 Analisis Penerapan Sistem

Penerapan teknik-teknik digitalisasi tergantung pada masing-masing teknik dan pada umumnya perbedaan terletak pada pemetaan sinyal hasil sampling ke dalam bit-bit digital dan proses *recovery* sinyal yang diterima pada penerimanya.

4.5.1 Penerapan teknik PAM

Penerapan digitalisasi suara menggunakan teknik *Pulse Modulation Amplitudo* (PAM) meliputi 5 proses yaitu :

- a. Proses *recording* sinyal *analog* yang berupa suara manusia kemudian dikonversikan menjadi simbol-simbol digital.
- b. Proses menghasilkan *clock* pulsa dengan nilai 1 dan panjang interval yang sama, *clock* pulsa ini akan dikalikan dengan sinyal hasil *recording* pada proses selanjutnya yaitu memodulasi amplitude.
- c. Proses memodulasi amplitudo sinyal hasil *recording* sesuai interval *clock* pulsa, proses ini merupakan dasar dari teknik sampling sinyal analog.
- d. Proses *Sample* dan *Hold* merupakan proses konversi sinyal digital menjadi sinyal analog, proses ini bekerja seperti sebuah saklar otomatis dimana saklar akan terbuka sesaat ketika sinyal disampel dan akan tertutup sampai sampel berikutnya sehingga sinyal masukan yang berupa sinyal diskrit dikonversikan menjadi sinyal kontinuis.
- e. Proses *Filtering* merupakan proses terakhir dimana sinyal kontinuis dari proses sample and hold di filter menggunakan *Low Pass Filter* untuk melewatkan frekuensi rendah antara nilai-nilai cuplik dari sinyal keluaran *sample and hold*.

4.5.2 Penerapan teknik PCM

- a. Proses *recording* sinyal *analog* yang berupa suara manusia kemudian dikonversikan menjadi simbol-simbol digital, proses *recording* juga merupakan penerapan dari proses *sampling*.

- b. Proses kuantisasi sinyal hasil sampling ke dalam integer terdekat dengan salah satu nilai N.
- c. Proses *symbol to bit mapper* yakni mengubah symbol-symbol keluaran dari kuantizer menjadi bilangan – bilangan biner yang merupakan akhir dari bagian *source encoder* pada pengirim.
- d. Proses *bit to symbol mapper* akan mengubah bilangan – bilangan biner yang diterimanya menjadi simbol-simbol digital.
- e. Proses *filtering* melewati frekuensi rendah antara nilai-nilai cuplik dari sinyal keluaran *bit to symbol mapper* menggunakan *low pass filter*.

4.5.3 Penerapan teknik DPCM

Penerapan teknik DPCM meliputi sebagai berikut :

- a) Proses *recording* sinyal *analog* yang berupa suara manusia kemudian dikonversikan menjadi simbol-simbol digital, proses *recording* juga merupakan penerapan dari proses *sampling*.
- b) Proses predik sinyal perbedaan sebelum memasuki proses kuantisasi
- c) Proses kuantisasi sinyal hasil sampling ke dalam integer terdekat dengan salah satu nilai N.
- d) Proses *symbol to bit mapper* yakni mengubah symbol-symbol keluaran dari kuantizer menjadi bilangan – bilangan biner yang merupakan akhir dari bagian *source encoder* pada pengirim.
- e) Proses *bit to symbol mapper* akan mengubah bilangan – bilangan biner yang diterimanya menjadi simbol-simbol digital.
- f) Proses memisahkan sinyal prediksi
- g) Proses *filtering* melewati frekuensi rendah antara nilai-nilai cuplik dari sinyal keluaran *bit to symbol mapper* menggunakan *low pass filter*.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisa sistem dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Suara merupakan salah satu masukan analog yang bisa diubah menjadi digital.
2. Proses digitalisasi merupakan proses perubahan masukan analog menjadi sinyal digital pada sisi pengirim dan kebalikan pada sisi penerima.
3. Penambahan frekuensi sampling mengakibatkan pengambilan sampel akan lebih banyak sehingga hasil sampel yang didapat mendekati sinyal aslinya..
4. Penambahan level kuantiasi menyebabkan makin banyaknya sampel yang mendekati integer terdekatnya..
5. Simulator digitalisasi memperlihatkan perubahan proses analog menjadi digital dan sebaliknya.

5.2 Saran

Dalam Tugas Akhir ini masih terdapat hal – hal yang dapat dikembangkan dimasa yang akan datang dan juga menjadi bahan untuk penelitian berikutnya yaitu antara lain:

1. Agar desain program simulasi ini dapat diwujudkan dalam bentuk interaktif yang lebih sederhana lagi dengan menambah animasi *text*, warna dan kecepatan yang lebih variatif sehingga untuk mempermudah *user* menggunakannya..
2. Agar dengan simulasi ini dapat menjadi referensi pada perkuliahan khususnya materi komunikasi digital
3. Agar dapat membuat simulasi dengan teknik yang berbeda

DAFTAR PUSTAKA

- Away, Gunaidi A. "*The Shortcut of MATLAB Pemrograming*", halaman 133-168. Informatika, Bandung. 2006
- Bellamy, J.C. "*Digital Telephony Third Edition*", halaman 129-131, 441-444. wiley-interscience, Newyork. 2000.
- Budiyanto, Waluyo. "*Channel Coding*", [online] Available : http://www.ittelkom.ac.id/library/index.php?view=article&catid=11%3Asistem-komunikasi&id=533%3Achannel-coding&option=com_content&Itemid=15, diakses 10 Mai. 2009
- Nassar. "*Telecommunications Demystified - A Streamlined Course in Digital Communications for EE Students and Practicing Engineers*", halaman 107-110. LLH Technology, United State of America. 2001
- R. Harry, D. Yohannes, *Teknik Pemrograman Menggunakan Matlab*, Grasindo, Jakarta, Hal 12, 2007.
- Suhana, Shigeki Shoji, Buku Pegangan Teknik Telekomunikasi, Pradnya Paramita, Jakarta, Hal 108-110, 2002.
- Tan, Li. "*Digital Signal Processing Fundamentals and Applications*", halaman 510-521. Academic Press, United State of America. 2008
- _____, *Matlab 6.5 Communication Toolbox*, The MathWorks, 2002.
- Carl N, *Telekommunikations Demystified*, Eagle Rock, Virginia, Hal 61-97, 1968.
- Desi Irmawati, *Pendekatan Analisis Pola Untuk Mengetahui Pengaruh Kerawitan Campursari Pada Vokalisnya Dalam Sistem Skala Nada Pentatonis Dan*

Diatonis, Teknik Elektro Universitas Wangsamanggala, Yogyakarta, Hal 1-5,2006.

Gunaidi A. A, *The shortcut of matlab programming*, Informatika Bandung, Hal 133-139' 2006.

Ing Mudrik Alaydrus, *Sistem Komunikasi*, Teknik Elektro UMB, Hal 2-4, 2000.

_____, *Matlab 6.5 communication toolbox*, The Math Works,2002.

R. Harry, D. Yohannes, *Teknik pemrograman Menggunakan Matlab*, Grasindo, Jakarta, Hal 12, 2007.

Suhana, Shigeki Shoji, *Buku Pegangan Teknik Telekomunikasi*, Pradnya Paramita, Jakarta, Hal 108-110,2002.